

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-340863

(43)Date of publication of application : 27.11.2002

(51)Int.Cl.

G01N 29/00

(21)Application number : 2001-144440

(71)Applicant : TOYOTA CENTRAL RES & DEV LAB  
INC

(22)Date of filing : 15.05.2001

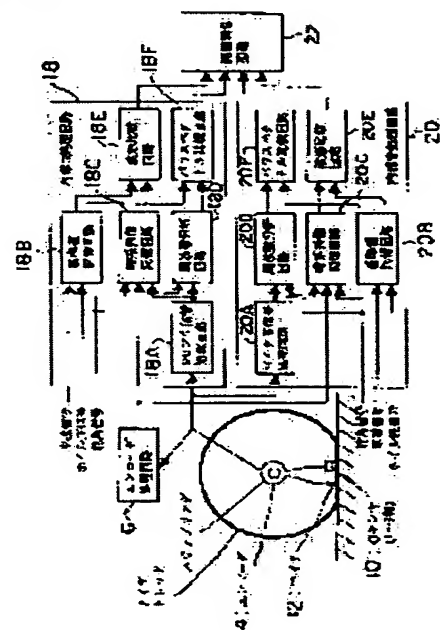
(72)Inventor : YAMAGUCHI HIROYUKI  
ASANO KATSUHIRO  
WATANABE YOSHITOSHI

## (54) ROAD SURFACE DETERMINATION DEVICE AND SYSTEM

### (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To precisely detect a road surface condition with a practical sampling frequency.

SOLUTION: An acceleration sensor 10 and a sound pressure sensor 12 are arranged inside a tire. A waveform comparison circuit 18E determines a road surface according to an acceleration reference waveform and a waveform of an acceleration signal. A waveform comparison circuit 20E determines the road surface according to a sound pressure reference waveform and a waveform of a sound pressure signal. A power spectrum comparison circuit 18F determines the road surface according to comparison between an acceleration reference power spectrum and an acceleration power spectrum obtained from the acceleration signal. A power spectrum comparison circuit 20F determines the road surface according to comparison between a sound pressure reference power spectrum and a sound power spectrum obtained from the sound pressure signal. A road surface determination circuit 22 determines the road surface according to a majority of the surface determination results.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-340863

(P2002-340863A)

(43) 公開日 平成14年11月27日 (2002. 11. 27)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

G 0 1 N 29/00

識別記号

F I

G 0 1 N 29/00

テマコード\* (参考)

2 G 0 4 7

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2001-144440 (P2001-144440)

(22) 出願日 平成13年 5 月15日 (2001. 5. 15)

(71) 出願人 000003609

株式会社豊田中央研究所

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番  
地の1

(72) 発明者 山口 裕之

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番  
地の1 株式会社豊田中央研究所内

(72) 発明者 浅野 勝宏

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番  
地の1 株式会社豊田中央研究所内

(74) 代理人 100079049

弁理士 中島 淳 (外1名)

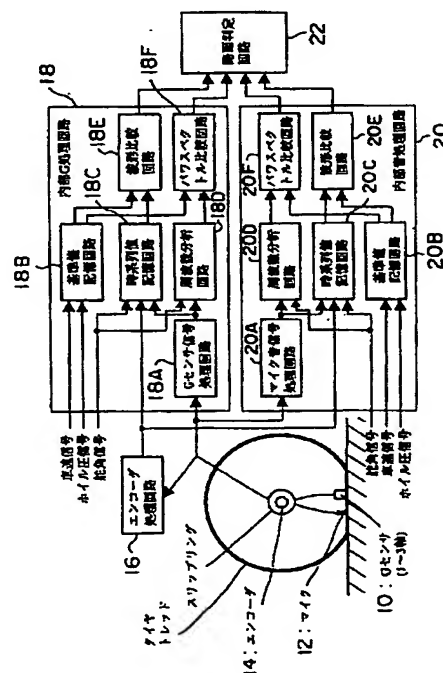
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 路面判定装置及びシステム

(57) 【要約】

【課題】 実用的なサンプリング周波数で路面状態を精度良く検出する。

【解決手段】 タイヤ内部には、加速度センサ10及び音圧センサ12が配置されている。波形比較回路18Eは加速度の基準波形と加速度信号の波形とに基づいて路面を判定し、波形比較回路20Eは音圧の基準波形と音圧信号の波形とに基づいて路面を判定し、パワースペクトル比較回路18Fは加速度の基準パワースペクトルと加速度信号から得られた加速度のパワースペクトルとの比較により路面を判定し、パワースペクトル比較回路20Fは音圧の基準パワースペクトルと音圧信号から得られた音圧のパワースペクトルとの比較により路面を判定し、路面判定手回路22は、路面判定結果の多数決により路面を判定する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】タイヤ内部に配置され、タイヤの回転に伴ってタイヤ内部に発生する加速度を検出して加速度信号を出力する加速度センサ、及びタイヤ内部に前記加速度センサと接近して配置され、タイヤの回転に伴ってタイヤ内部に発生する音圧を検出し音圧信号を出力する音圧センサを備えた検出手段と、

予め定められた加速度の基準波形と加速度センサで検出された加速度信号の波形とに基づいて路面を判定すると共に、予め定められた音圧の基準波形と音圧センサで検出された音圧信号の波形とに基づいて路面を判定し、加速度波形に基づいた路面判定結果及び音圧波形に基づいた路面判定結果を出力する第 1 の路面判定手段と、

予め定められた加速度の基準パワースペクトルと加速度信号から得られた加速度のパワースペクトルとを比較すると共に、予め定められた音圧の基準パワースペクトルと音圧信号から得られた音圧のパワースペクトルとを比較して路面を判定し、加速度のパワースペクトルに基づいた路面判定結果及び音圧のパワースペクトルに基づいた路面判定結果を出力する第 2 の路面判定手段と、

加速度波形に基づいた路面判定結果、音圧波形に基づいた路面判定結果、加速度のパワースペクトルに基づいた路面判定結果、及び音圧のパワースペクトルに基づいた路面判定結果から路面を判定する第 3 の路面判定手段と、

を含む路面判定装置。

【請求項 2】前記第 1 の路面判定手段は、前記タイヤの検出手段配置部分が路面に接地している区間を含む所定区間内で出力された加速度信号の波形及び音圧信号の波形を用いて路面を判定し、前記第 2 の路面判定手段は、前記所定区間内で出力された加速度信号及び音圧信号の各々から得られた加速度のパワースペクトル及び音圧のパワースペクトルを用いて路面を判定する請求項 1 記載の路面判定装置。

【請求項 3】前記第 1 の路面判定手段は、前記加速度の基準波形と前記加速度信号の波形との分散値または相関係数、及び前記音圧の基準波形と前記音圧信号の波形との分散値または相関係数を算出し、算出された分散値または相関係数の各々と予め路面に応じて定められたしきい値とを比較することにより路面を判定する請求項 1 または 2 記載の路面判定装置。

【請求項 4】請求項 1～3 のいずれか 1 項記載の路面判定装置と、路面に向けて光を照射し、路面からの反射光のレベルとしきい値とを比較して路面状態を判定する第 4 の路面判定手段、路面に向けて超音波を照射し、路面からの反射波のレベルとしきい値とを比較して路面状態を判定する第 5 の路面判定手段、及び路面を撮影し、撮影された画像の特徴量と該特徴量のしきい値とを比較して路面を判定する第 6 の路面判定手段の少なくとも 1 つを備えたブ

レビュー路面判定装置と、

前記第 3 の路面判定手段の判定結果に基づいて、前記レビュー路面判定装置のしきい値の少なくとも 1 つ、または第 4 の路面判定手段の判定結果、第 5 の路面判定手段の判定結果、及び第 6 の路面判定手段の判定結果の少なくとも 1 つを修正する修正手段と、を含む路面判定システム。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、路面判定装置及び路面判定システムに係り、特に、実用的なサンプリング周波数で精度良く路面を判定することができる路面判定装置及び路面判定システムに関する。

## 【0002】

【従来の技術及び発明が解決しようとする課題】特開平 6-258196 号公報には、直進時にトーインによる横スリップによって生じたトレッド表面のゴムの共振レベルが、路面  $\mu$  によって変化することに着目し、サスペンション・アームに取り付けられた加速度センサからの信号に基づいて共振レベルの PSD 値（パワースペクトル密度）を算出し、算出した PSD 値を特定周波数の PSD テーブル値と比較して、路面状態を検出するタイヤ加速度を用いた路面状態検出装置が記載されている。

【0003】しかしながら、この技術では、対象とする周波数帯域が 6 kHz 近傍であり、精度良く周波数分析を行なうためには少なくとも 10 倍の 60 kHz（周期換算で 16 ns）近傍でのサンプリングが必要になる。このように、トレッド表面のゴムの共振に着目した技術では、共振周波数を極めて高くする必要があるため、非実用的なレベルまでサンプリング周波数を高くせざるを得ない、という問題がある。

【0004】また、特開平 8-298613 号公報には、タイヤ付近の車体にマイクを設置し、タイヤと路面との間の摩擦に起因する走行音をマイクで計測し、バンドパスフィルタを用いると共にフーリエ変換により周波数分析を行ない、特定周波数におけるスペクトルを各路面のテーブル値と比較して路面状態を検出する技術が記載されている。

【0005】しかしながら、この技術では、タイヤ外部にマイクが設置されているので、エンジン音及び風切り音等の外部音の影響を受け易く、このため路面判定精度が低下する、という問題があった。

【0006】本発明は、上記問題点を解消するためになされたもので、1 kHz～5 kHz 程度の実用的なサンプリング周波数で路面状態を精度良く検出することができる路面判定装置及び路面判定システムを提供することを目的とする。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために本発明は、タイヤ内部に配置され、タイヤの回転に伴

10

20

30

40

50

ってタイヤ内部に発生する加速度を検出して加速度信号を出力する加速度センサ、及びタイヤ内部に前記加速度センサと接近して配置され、タイヤの回転に伴ってタイヤ内部に発生する音圧を検出し音圧信号を出力する音圧センサを備えた検出手段と、予め定められた加速度の基準波形と加速度センサで検出された加速度信号の波形とに基づいて路面を判定すると共に、予め定められた音圧の基準波形と音圧センサで検出された音圧信号の波形とに基づいて路面を判定し、加速度波形に基づいた路面判定結果及び音圧波形に基づいた路面判定結果を出力する第1の路面判定手段と、予め定められた加速度の基準パワースペクトルと加速度信号から得られた加速度のパワースペクトルとを比較すると共に、予め定められた音圧の基準パワースペクトルと音圧信号から得られた音圧のパワースペクトルとを比較して路面を判定し、加速度のパワースペクトルに基づいた路面判定結果及び音圧のパワースペクトルに基づいた路面判定結果を出力する第2の路面判定手段と、加速度波形に基づいた路面判定結果、音圧波形に基づいた路面判定結果、加速度のパワースペクトルに基づいた路面判定結果、及び音圧のパワースペクトルに基づいた路面判定結果から、好ましくはこれらの路面判定結果の多数決の結果から路面を判定する第3の路面判定手段と、を含んで構成したものである。

【0008】まず、本発明の原理を説明する。乾燥路を定常走行しているときは、回転しているタイヤの路面に接地していない部分が路面に接地するときに（接地時）、トレッドの変形によりタイヤ内部では一定の加速度及び音圧を生じる。したがって、この一定の加速度及び音圧の各波形を基準とすることができる。

【0009】タイヤ路面間に水膜が存在していると、トレッドの変形が抑制されるため、接地時の加速度及び音圧の各波形が基準に対して変化する。

【0010】また、タイヤ路面間の摩擦係数が低下すると、トレッドの接地部の前縁部で滑りが生じるため、接地時の加速度及び音圧の各波形が基準に対して変化する。

【0011】そして、路面の凹凸が大きいと接地時の加速度及び音圧の各波形に大きな変化が生じる。

【0012】従って、乾燥路を定常走行しているときのタイヤ内部の加速度及び音圧の各波形を基準とし、走行時における基準からの変化を検出することで路面を判定することができる。

【0013】さらに、乾燥路を定常走行している時には、路面のミクロな凹凸によってタイヤゴムが振動し、タイヤ内部に加速度及び音圧を生じる。氷上路及びアスファルト路等の路面間の凹凸の相違により、ロードノイズ周波数域（100～500Hz付近）のタイヤゴムの振動が基準に対して変化する。

【0014】従って、乾燥路を定常走行しているときのタイヤ内部の加速度及び音圧スペクトルを基準とし、走

行時の特定周波数における基準パワースペクトルからの変化を検出することで路面を判定することができる。

【0015】本発明の加速度センサ及び音圧センサは、各々タイヤ内部に接近して配置されており、タイヤの回転に伴ってタイヤ内部に発生する加速度及び音圧を各々検出して加速度信号及び音圧信号を各々出力する。

【0016】第1の路面判定手段は、加速度の基準波形と加速度信号の波形とに基づいて路面を判定すると共に、音圧の基準波形と音圧信号の波形とに基づいて路面を判定し、加速度波形に基づいた路面判定結果及び音圧波形に基づいた路面判定結果を出力する。また、第2の路面判定手段は、加速度の基準パワースペクトルと加速度信号から得られた加速度のパワースペクトルとを比較すると共に、音圧の基準パワースペクトルと音圧信号から得られた音圧のパワースペクトルとを比較して路面を判定し、加速度のパワースペクトルに基づいた路面判定結果及び音圧のパワースペクトルに基づいた路面判定結果を出力する。そして、第3の路面判定手段は、加速度波形に基づいた路面判定結果、音圧波形に基づいた路面判定結果、加速度のパワースペクトルに基づいた路面判定結果、及び音圧のパワースペクトルに基づいた路面判定結果から路面を判定する。この場合これらの路面判定結果の多数決の結果から路面を判定すると効果的である。

【0017】本発明では、加速度センサ及び音圧センサをタイヤ内部に収納しているため、外部音に影響されことなく精度よく路面を判定することができる。また、タイヤ内部の加速度波形の比較及びパワースペクトルの比較により路面を判定しているため、サンプリング周波数を従来技術のように高くする必要がなく、実用的な範囲内でのサンプリングを行うことができる。

【0018】本発明では、第1の路面判定手段が、前記タイヤの検出手段配置部分が路面に接地している区間を含む所定区間内で出力された加速度信号の波形及び音圧信号の波形を用いて路面を判定し、前記第2の路面判定手段が、前記所定区間内で出力された加速度信号及び音圧信号の各々から得られた加速度のパワースペクトル及び音圧のパワースペクトルを用いて路面を判定するようにすることができる。このように、タイヤの検出手段配置部分が路面に接地している区間を含む所定区間内で出力された加速度信号及び音圧信号を用いることにより、必要な区間の信号のみ用いて路面の判定を行うことができるので、路面判定時間を短縮することができる。また、第1の路面判定手段で路面を判定する際には、加速度の基準波形と加速度信号の波形との分散値、及び音圧の基準波形と音圧信号の波形との分散値を算出し、算出された分散値と予め路面に応じて定められたしきい値とを比較することにより路面を判定することができる。なお、分散値に代えて相関係数を用いてもよい。なお、制動時及び駆動時には、路面 $\mu$ によって、ホイール圧及び

車速に対する加速度波形及び音圧波形が異なるので、しきい値は、ホイール圧及び車速に応じて変化させるのが好ましい。

【0019】上記の路面判定装置は、車両制御に使用されるプレビュー路面判定装置と組合せて路面判定システムとして構成することができる。この路面判定システムは、上記で説明したいずれかの路面判定装置と、路面に向けて光を照射し、路面からの反射光のレベルとしきい値とを比較して路面状態を判定する第4の路面判定手段、路面に向けて超音波を照射し、路面からの反射波のレベルとしきい値とを比較して路面状態を判定する第5の路面判定手段、及び路面を撮影し、撮影された画像の特徴量と該特徴量のしきい値とを比較して路面を判定する第6の路面判定手段の少なくとも1つを備えたプレビュー路面判定装置と、前記第3の路面判定手段の判定結果に基づいて、前記プレビュー路面判定装置のしきい値の少なくとも1つ、または第4の路面判定手段の判定結果、第5の路面判定手段の判定結果、及び第6の路面判定手段の判定結果の少なくとも1つを修正する修正手段と、を含んで構成されている。画像の特徴量としては、画像の明るさを用いることができる。

【0020】上記で説明したようにタイヤ内部の加速度及び音圧の各信号を用いた路面判定は、タイヤと路面との接触状態を直接検出しているため、精度が高い判定結果を得ることができる。このため、この精度が高い路面判定結果に基づいて、プレビュー路面判定のしきい値の少なくとも1つ、またはプレビュー路面判定結果の少なくとも1つを修正することによりにプレビュー路面判定の精度を向上することができる。

#### 【0021】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。本実施の形態は、路面判定装置を車両に搭載して路面状態（路面の種類）を判定するようにしたものである。

【0022】図1に示すように、本実施の形態の車両に搭載された路面判定装置は、タイヤの回転に伴ってタイヤ内部に発生する加速度を検出して加速度信号（G信号）を出力するタイヤ内部に収納された加速度センサ（Gセンサ）10、タイヤの回転に伴ってタイヤ内部に発生する音圧を検出して音圧信号（S信号）を出力するタイヤ内部に収納されたマイクロフォン（マイク）12、及びタイヤの軸付近に配置されて、タイヤの回転に応じて所定回転角毎に1つのパルスを出力するエンコーダ14を備えている。加速度センサ10及びマイク12は、接近した位置に配置されている。また、Gセンサ10は、1～3方向（1～3軸）の加速度を検出するセンサを用いることができ、1方向を検出する場合には、車両走行前後方向の加速度を検出する。

【0023】なお、17はタイヤトレッドであり、また、通常、加速度及び音圧は、回転しているタイヤの路

面に接地していない部分が路面に接地するとき、及び路面に接地している部分が路面から離れるときにピーク値を示す。

【0024】また、車両には、車体速度（車速）を検出して車速信号を出力する車速センサ、ホイール圧（油圧式ブレーキのホイールシリンダ内の油圧）を検出してホイール圧信号を出力するホイール圧センサ、ステアリングの操舵角を検出して舵角信号を出力する舵角センサが取り付けられている。

【0025】エンコーダ14は、スリップリング15を介してエンコーダから出力されるパルス信号の波形処理を行なうエンコーダ処理回路16に接続され、Gセンサ10は、Gセンサ信号の波形処理を行なうために内部G処理回路18に設けられたGセンサ信号処理回路18Aに接続され、マイクロフォン12は、マイク音信号の波形処理を行なうために内部音処理回路20に設けられたマイク音信号処理回路20Aに接続されている。

【0026】内部G処理回路18は、上記で説明したGセンサ信号処理回路18A、基準値である基準加速度波形及び基準パワースペクトル、及び路面判定用のしきい値L1～L4を記憶すると共に車速信号及びホイール圧信号に応じてしきい値L1～L4の大きさを変更する基準値記憶回路18B、舵角信号に応じて直進走行可否かを判定しサンプリング周期に応じて直進走行における時系列のGセンサ信号を記憶する時系列値記憶回路18C、直進走行時にGセンサ信号処理回路18Aから入力されたGセンサ信号を周波数分析する周波数分析回路18D、基準加速度波形と時系列値記憶回路18Cに記憶された時系列のGセンサ信号の波形とに基づいて路面状態を推定（路面を判定）する波形比較回路18E、及び基準パワースペクトルとGセンサ信号のパワースペクトルとを比較して路面状態を推定するパワースペクトル比較回路18Fによって構成されている。

【0027】基準値記憶回路18Bには、車速信号及びホイール圧信号が入力され、時系列値記憶回路18Cには、舵角信号、エンコーダ処理回路16出力、及びGセンサ信号処理回路18A出力が入力され、周波数分析回路18Dには、舵角信号及びGセンサ信号処理回路18Aから出力されたGセンサ信号が入力され、波形比較回路18Eには、基準値記憶回路18Bから出力された基準加速度波形及び時系列値記憶回路18Cから出力されたGセンサ信号の波形が入力され、パワースペクトル比較回路18Fには、基準値記憶回路18Bからの基準パワースペクトル及び周波数分析回路18Dから出力されたGセンサ信号のパワースペクトルが入力されている。

【0028】内部音処理回路20は、上記で説明したマイク音信号処理回路20A、基準値である基準音圧波形及び基準パワースペクトル、及び路面判定用のしきい値L1'～L4'を記憶すると共に車速信号及びホイール圧信号に応じてしきい値L1'～L4'の大きさを変更

10

20

30

40

50

する基準値記憶回路 20B、舵角信号に応じて直進走行か否かを判定しサンプリング周期に応じて直進走行における時系列のマイク音信号を記憶する時系列値記憶回路 20C、直進走行時にマイク音信号処理回路 20Aから入力されたマイク音信号を周波数分析する周波数分析回路 20D、基準音圧波形と時系列値記憶回路 20Cに記憶された時系列のマイク音信号とを比較して路面状態を推定する波形比較回路 20E、及び基準パワースペクトルとマイク音信号のパワースペクトルとを比較して路面状態を推定するパワースペクトル比較回路 20Fによって構成されている。

【0029】基準値記憶回路 20Bには、車速信号及びホイール圧信号が入力され、時系列値記憶回路 20Cには、舵角信号、エンコーダ処理回路 16出力、及びマイク音信号処理回路 20A出力が入力され、周波数分析回路 20Dには、舵角信号及びマイク音信号処理回路 20Aから出力されたマイク音信号が入力され、波形比較回路 20Eには、基準値記憶回路 20Bから出力された基準音圧波形及び時系列値記憶回路 20Cから出力された音圧信号の波形が入力され、パワースペクトル比較回路 20Fには、基準値記憶回路 20Bからの基準パワースペクトル及び周波数分析回路 20Dから出力された音圧信号のパワースペクトルが入力されている。

【0030】波形比較回路 18E、20E、及びパワースペクトル比較回路 18F、20Fは、各比較回路で推定された路面状態の多数決により路面を判定する路面判定回路 22に接続されている。

【0031】基準値記憶回路 18Bから波形比較回路 18Eへは、基準加速度波形、及び車速とホイール圧とに応じて変更されたしきい値  $L_1 \sim L_4$  が入力され、基準値記憶回路 20Bから波形比較回路 20Eへは、基準音圧波形、及び車速とホイール圧とに応じて変更されたしきい値  $L_1' \sim L_4'$  が入力され、基準値記憶回路 18Bからパワースペクトル比較回路 18Fへは加速度の基準パワースペクトルが入力され、基準値記憶回路 20Bからパワースペクトル比較回路 20Fへは音圧の基準パワースペクトルが入力されている、次に、図2を参照して本実施の形態の路面状態推定処理ルーチンについて説明する。ステップ100～ステップ108は、時系列値記憶回路 18C、20Cの各々において実行される処理であり、ステップ110は波形比較回路 18E、20Eにおいて実行される処理であるが、まとめて説明する。また、この路面状態推定処理ルーチンにおいて路面状態推定結果の初期値として、予め乾燥路を与えられている。

【0032】ステップ100では、舵角信号に基づいて車両が直進走行しているか否かを判断し、車両が直進走行している場合には、ステップ102において、時系列値記憶回路 18Cではサンプリング周期であればG信号及びエンコーダ出力信号を取り込み、時系列値記憶回路

20Cではサンプリング周期であればS信号及びエンコーダ出力信号を取り込む。なお、サンプリング時点であれば各信号の取り込みを行なわないようにする。

【0033】次のステップ104では、エンコーダ出力信号に基づいてタイヤトレッドのGセンサ10及びマイク12の取り付け部位に対応する部分が、接地中であるか否か、すなわちセンサ取り付け部位に対応する部分が接地区間に位置しているか否かを判断し、ステップ106において接地終了か否かを判断する。接地終了でない場合には、すなわちセンサ取り付け部位に対応する部分が接地区間に位置している場合にはステップ108において、時系列値記憶回路 18BではG信号及びエンコーダ出力信号を記憶し、時系列値記憶回路 20BではS信号及びエンコーダ出力信号を記憶する。

【0034】この結果、時系列値記憶回路 18Bには、サンプリング周期毎にG信号及びエンコーダ出力信号が時系列値として順に記憶され、時系列値記憶回路 20Bには、サンプリング周期毎にS信号及びエンコーダ出力信号が時系列値として順に記憶される。

【0035】一方、ステップ106で接地終了と判断されたときには、ステップ110において、時系列値記憶回路 18Cに記憶されている接地開始から接地終了までの時系列値が波形比較回路 18Eに入力され、基準値記憶回路から入力されている基準加速度波形及びしきい値を用いて加速度波形による路面推定処理が行なわれると共に、時系列値記憶回路 20Cに記憶されている接地開始から接地終了までの時系列値が波形比較回路 20Eに入力され、基準値記憶回路 20Bから入力されている基準音圧波形及びしきい値を用いて音圧波形による路面推定処理が行なわれる。この路面判定の詳細については後述する。

【0036】そして、ステップ112では、次のセンサ取り付け部位接地時における路面判定を行なうために、時系列値記憶回路 18C、20C各々において記憶している時系列データを消去する。

【0037】次に、図3を参照して波形比較回路 18E、20Eの各々で実行されるステップ110における路面状態推定処理の詳細について説明する。なお、波形比較回路 18E、20Eの各々で実行される処理は同様であるので、一方のみについて説明する。また、説明にあたっては、基準加速度波形（または基準音圧波形）を単に基準値と呼び、G信号（またはS信号）の時系列値を単に時系列値と呼んで説明する。なお、加速度波形による路面状態推定処理の場合にはしきい値  $L_1 \sim L_4$  が使用され、音圧波形による路面状態推定処理の場合にはしきい値  $L_1' \sim L_4'$  が使用される。

【0038】ステップ116では、基準値と時系列値との分散値  $\sigma$  を算出する。なお、分散値  $\sigma$  は、エンコーダ出力信号から得られる同一タイヤ回転角位置の各々における基準値と時系列値とを用いて算出される。なお、こ



の分散値 $\sigma$ に代えて基準値と時系列値との相関を表す相関係数等を用いるようにしてもよい。

【0039】次のステップ118では、分散値 $\sigma$ がしきい値Kより大きいかな否かを判断する。分散値 $\sigma$ がしきい値Kより大きい場合には、車両が基準路面とは異なった状態の路面を走行している、すなわちハイドロプレーニ\*

$$c o 2 = k 1 \cdot c o 2 + k 2 \cdot \sigma$$

なお、 $k 1$ 、 $k 2$ は重み付け係数であり、過去の分散 $\sigma$ の累積値 $c o 2$ に対する重み係数 $k 1$ を現在の分散値 $\sigma$ に対する重み係数 $k 2$ より大きくして、現在の分散値 $\sigma$ が急激に変化しても分散値 $\sigma$ の累積値 $c o 2$ がこれに従って急激に変化しないようにしている。これによって、路面上の部分的に荒れた部分（または凹凸部分）を走行したときに一時的に分散値 $\sigma$ が大きく変化しても路面の誤判定を防止することができる。

【0041】また、制駆動時には、以下で説明するように車速及びホイール圧の上昇と共に路面毎の加速度の瞬時波形の相違が顕著に表れるので、瞬時に路面判定できるようにするために、ステップ120において制駆動時か否かを判断し、制駆動時の場合にはステップ122で重み係数 $k 1$ 小さく（例えば、0）して累積値 $c o 2$ を演算するようにしている。これにより、現在の分散値のみに基づいて路面状態が推定されるので、瞬時に面状態を判定することができる。

【0042】ステップ126～ステップ140では、累積値 $c o 2$ と、しきい値のいずれかと比較し、路面状態を推定する。なお、加速度波形による路面状態の推定の場合にはしきい値 $L 1 \sim L 4$ の大きさは後述するように、 $L 1 < L 2 < L 3 < L 4$ であり、音圧波形による路面状態の推定の場合にはまた、しきい値 $L 1' \sim L 4'$ の大きさは後述するように、 $L 1' < L 2' < L 3' < L 4'$ であり、しきい値 $L 1 \sim L 4$ 、 $L 1' \sim L 4'$ の各々は、基準値記憶回路において車速及びホイール圧等の走行条件に応じて大きさが変更されている。

【0043】加速度波形による路面状態の推定について詳述すると、ステップ126では、累積値 $c o 2$ としきい値 $L 1$ とを比較し、累積値 $c o 2$ がしきい値 $L 1$ 以下の場合には、路面状態推定結果を変更せず、累積値 $c o 2$ がしきい値 $L 1$ を越える場合には、ステップ128で累積値 $c o 2$ としきい値 $L 2$ とを比較し、累積値 $c o 2$ がしきい値 $L 2$ 以下の場合には、ステップ130で氷上路と推定する。

【0044】一方、累積値 $c o 2$ がしきい値 $L 2$ を越える場合には、ステップ132で累積値 $c o 2$ としきい値 $L 3$ とを比較し、累積値 $c o 2$ がしきい値 $L 3$ 以下の場合には、ステップ134でハイドロプレーニングが発生していると推定する。そして、累積値 $c o 2$ がしきい値 $L 3$ を越える場合には、ステップ136で累積値 $c o 2$ としきい値 $L 4$ とを比較し、累積値 $c o 2$ がしきい値 $L 4$ 以下の場合には、ステップ138で雪上路と推定し、

\*ングが発生している、氷上路（低 $\mu$ 路）を走行している、雪上路（中 $\mu$ 路）を走行している、または悪路を走行している等の可能性があるため、ステップ124において重み付けをした分散値 $\sigma$ の累積値 $c o 2$ を以下の式に従って演算する。

【0040】

$$\dots (1)$$

累積値 $c o 2$ がしきい値 $L 4$ を越える場合には、ステップ140で砂利等の悪路と推定する。なお、音圧波形による路面状態の推定の場合においてもしきい値が異なるだけで上記と同様に路面状態を推定することができる。

【0045】ステップ122で分散値 $\sigma$ がしきい値K以下と判断された場合は、ステップ142において累積値 $c o 2$ から所定値 $n$ を減算することにより累積値 $c o 2$ を減少させ、ステップ144で累積値 $c o 2$ が負になったか否かを判断し、負になった場合にはステップ146で累積値 $c o 2$ を0として、ステップ148で乾燥路と推定する。累積値 $c o 2$ が0以上の場合には、路面状態推定結果を変更せずにこのルーチンを終了する。

【0046】次に、路面状態の推定について詳細に説明する。図4(a)～(b)に、車速30km/hで定常走行した場合における、スタッドレスタイヤ接地時の内部の車両走行前後方向の加速度を各路面（乾燥路、雪上路、氷上路、及び悪路）においてGセンサで計測したときの瞬間波形と、乾燥路走行時の接地毎の瞬間波形を各接地位置で平均化した乾燥路基準波形とを示す。図4

(a)～(b)の横軸は、エンコーダ出力信号によって得られるGセンサの取り付け部位に対応するトレッド部の接地位置を示しており、Gセンサの取り付け部位に対応するトレッド部が接地区間の中心に位置する場合を基準(0)として、Gセンサの取り付け部位に対応するトレッド部が接地した踏み込み側からGセンサの取り付け部位に対応するトレッド部が路面から離れる蹴り出し側までを接地区間として、-25cmから+25cm方向へGセンサの取り付け部位に対応するトレッド部が移動したときの加速度波形を示している。

【0047】瞬間波形と基準波形との比較から、図4(a)に示す乾燥路の場合には、接地時のタイヤの変形が毎回同じであるため接地区間の瞬間波形と基準波形とが略一致しており、図4(b)に示す雪上路の場合には、路面の表層崩れのため接地区間の瞬間波形が基準波形と一致せず、図4(c)に示す氷上路の場合には、滑りによって接地前端で加速度波形にずれが生じており、図4(d)に示す悪路の場合には、砂利等によって加速度波形が激しく振動しており、これらから乾燥路以外では路面によって瞬間波形の形状が変化していることが理解できる。

【0048】図5に、人工低 $\mu$ 路をノーマルタイヤを用いて車速50km/hで定常走行した場合におけるタイヤ接地時の車両走行前後方向の瞬間加速度と、タイヤが

浮き上がった時の車両走行前後方向の瞬間加速度とを乾燥路基準波形と比較して示す。図から、タイヤが接地している場合の瞬間波形は上記でも説明したように乾燥路基準波形と略一致するが、タイヤが浮き上がった場合の瞬間波形は乾燥路基準波形とは一致しないことが理解できる。

【0049】図6(a)に、車速30km/hで定常走行した場合の各路面(乾燥路、雪上路、氷上路、及び悪路)における、スタッドレスタイヤ接地毎に得られた車両走行前後方向の加速度の分散値の時系列データを示し、図6(b)にその拡大図を示す。図から理解されるように、悪路、雪上路、氷上路、乾燥路の順に分散値が平均して小さくなっていることが理解できる。

【0050】図7(a)に、車速50km/hで定常走行した場合の低μ路、中μ路、高μ路の各路面におけるノーマルタイヤの車両走行前後方向の加速度の分散値の時系列データを示し、図7(b)に、車速70km/hで定常走行した場合の図7(a)と同様の時系列データを示す。図から、車速が高くなる程ハイドロプレーニングが生じている瞬間の分散値が大きくなっていることが

理解できる。

【0051】従って、加速度波形を用いた際の路面状態推定用のしきい値 $L_1 \sim L_4$ は、各々 $L_1 < L_2 < L_3 < L_4$ とすればよいことが理解できる。

【0052】なお、上記図4～図7の各々の計測結果は、音圧についても同様である。従って、音圧波形を用いた際の路面状態推定用のしきい値 $L_1' \sim L_4'$ は、各々 $L_1' < L_2' < L_3' < L_4'$ とすればよいことが理解できる。

【0053】以上の結果、基準波形と時系列値との分散値の大きさとしきい値との比較から路面状態を判定することができることが理解できる。なお、上記では乾燥路における加速度波形及び音圧波形を基準値とする例について説明したが、他の路面を走行しているときの加速度波形及び音圧波形を基準値としてもよい。

【0054】図8は、スタッドレスタイヤを用いて車速30km/h、車速50km/hで定常走行した場合(ホイール圧0の場合)の乾燥路基準加速度波形を示したものである。図から、接地端における加速度は、車速30km/hで約100m/s<sup>2</sup>、車速50km/hで\*40

$$dR/dt = R_0 \cdot \cos \theta \cdot \sin \omega t \cdot \omega / (\cos \theta \omega t)^2 \quad \dots (4)$$

(4)式を(2)式に代入すると次式が得られる。 ※ ※ 【0062】

$$\alpha = 2 \cdot R_0 \cdot \cos \theta \cdot \sin \omega t \cdot \omega^2 / (\cos \theta \omega t)^3 \quad \dots (5)$$

上記(5)式より、タイヤが接地した瞬間の加速度αは、車輪速の2乗に比例するので、しきい値 $L_1 \sim L_4$ も車輪速、または車速に応じて変更する必要がある。

【0063】ここで、タイヤ半径 $R_0$ を0.314m、接地長から演算したθを14.5°として、車速30k

\* 約300m/s<sup>2</sup>、接地区間中は略0となっている。この理由を以下に説明する。

【0055】図9は、タイヤ接地時におけるタイヤの変形の様子を示したものである。接地時、タイヤ接地面は路面に沿って強制的に平面となるように変形されるため、接地前縁C<sub>f</sub>及び接地後縁C<sub>r</sub>で瞬間的にタイヤ半径 $R_0$ が変化し、接地前縁C<sub>f</sub>及び接地後縁C<sub>r</sub>では回転しながら質点系が半径方向に移動する運動となる。また、接地中はタイヤ接地面が路面に接地して並進運動することになるので、定常走行時ではタイヤ接地面の加速度は0になる。

【0056】ベクトルRの先端のP点が、回転しながらベクトルR方向に移動する運動の加速度のベクトル図は、ωを車輪速とすると、図10に示すようになる。図10では、車輪速ωは、反時計方向を正とし、 $dR/dt > 0$ 、 $d^2R/dt^2 > 0$ 、 $d\omega/dt > 0$ の場合の各ベクトルの方向を示している。

【0057】Gセンサが取り付けられた部位の周辺部をベクトルRの先端のP点に存在する質点系とみなすと、定常走行時における接地前縁C<sub>f</sub>及び接地後縁C<sub>r</sub>では、質点系に対してコリオリの力により次式で示す加速度αが発生する。

$$\alpha = 2 \cdot (dR/dt) \cdot \omega \quad \dots (2)$$

ただし、(2)式は、摩擦力が作用しない場合の定常状態における接線方向の加速度を示している。

【0059】図11は、接地面中心と回転中心とを結ぶ直線を基準線として基準線からの質点系の位置関係を示したものである。タイヤ半径 $R_0$ 上を回転速度ωで回転している質点系の接地時の回転半径R(ベクトルRの大きさと同じ)は、図11から以下の式で表される。

$$R = R_0 \cdot \cos \theta / \cos \theta \omega t \quad \dots (3)$$

なお、θは、接地縁(接地前縁または接地後縁)と回転中心とを結ぶ直線と基準線とが成す角(接地長から演算することができる)であり、tは基準線の位置を基準とする経過時間である。

【0061】上記(3)式のRを時間で微分すると回転半径の変化 $dR/dt$ は以下の式で表される。

m/h、車速50km/h走行時の接地前縁C<sub>f</sub>及び接地後縁C<sub>r</sub>( $\omega t = \pm \theta$ )における加速度αを求めると以下の表のようになり、接地前縁C<sub>f</sub>及び接地後縁C<sub>r</sub>の加速度は大きさが同じで方向が逆になる。

【0064】



【表1】

車速	加速度 $\alpha$	
	接地前縁 $C_f$	接地後縁 $C_r$
30 km/h	-116 m/s <sup>2</sup>	116 m/s <sup>2</sup>
50 km/h	-323 m/s <sup>2</sup>	323 m/s <sup>2</sup>

【0065】図12(a)～(c)は、スタッドレスタイヤを用いて乾燥路、雪上路、氷上路を50 km/hで走行している状態からの制動時の加速度波形（瞬時波形及び定常走行時の乾燥路基準波形）を示したものである。また、図の左側に記載されている数値は、プロットデータが得られた時点のホイール圧  $P_c$ 、車速  $V$ 、スリップ率  $\lambda$  を示している。

【0066】図12から理解されるように、略同じホイール圧においても各々の瞬時波形が異なっている。すなわち、雪上路では路面の表層崩れが激しく波形が振動的になっている。氷上路では、タイヤ接地前縁において加速度が0になる領域が広がり、加速度ピークを頂点とした山が細くなっている。この原因は、滑りが生じてトレッドの移動速度が遅くなり、定常走行時と比較して同一接地位置でのGセンサの滞留時間が長いためにタイヤ半径の変化速度が小さく、接地時のコリオリの力による加速度が収束したように観測されるためである。上記では、制動時の加速度について説明したが、駆動時についても同様であり、また音圧についても同様である。

【0067】このように、制駆動時には、乾燥路基準加速度波形とのずれが大きくなるため、乾燥路定常走行時の加速度波形及び音圧波形から路面状態を推定するためのしきい値  $L_1 \sim L_4$ 、 $L_1' \sim L_4'$  の大きさを変更する必要がある。すなわち、しきい値  $L_1 \sim L_4$ 、 $L_1' \sim L_4'$  の大きさは、車速及びホイール圧に応じて変更する必要がある。また、制駆動時には、ホイール圧の上昇と共に路面毎の加速度の瞬時波形の相違が顕著に表れるので、上記で説明したように重み係数  $k_1$  を小さく（例えば、0）して瞬時に路面判定できるようにするのが好ましい。

【0068】次に上記の実施の形態の周波数分析回路18D、20D及びパワースペクトル比較回路18F、20Fにおける路面状態判定処理ルーチンについて説明する。なお、パワースペクトル比較回路18F、20Fにおける路面状態判定処理は同様であり、パワースペクトル比較回路18Fでは乾燥路を定常走行しているときの加速度の特定周波数スペクトル（基準パワースペクトル）と分析された加速度の特定周波数のスペクトルとを比較し、パワースペクトル比較回路20Fでは乾燥路を定常走行しているときの音圧の特定周波数スペクトル（基準パワースペクトル）と分析された音圧の特定周波数のスペクトルとを比較することによって路面状態を推定しているので、まとめて説明する。

【0069】ステップ160において、各周波数分析回路では舵角信号に基づいて直進走行中か否かを判断し、直進走行中の場合はステップ162において周波数分析回路18Dではサンプリング時点であればG信号、周波数分析回路20Dではサンプリング時点であればS信号を取り込み、サンプリング時点でなければ各々G信号（またはS信号）の取り込みは行なわないようにする。

【0070】次のステップ164で、周波数分析回路18DではG信号の特定周波数におけるスペクトル値を抽出し、周波数分析回路20DではS信号の特定周波数におけるスペクトル値を抽出し、パワースペクトル比較回路の各々に出力する。スペクトルの抽出は、FFT、バンドパスフィルタ、ウェーブレット変換等の手法を用いることができる。ステップ166では、パワースペクトル比較回路において抽出したスペクトル値と基準値記憶回路から入力されている特定周波数における基準パワースペクトルとを比較し、路面状態の推定を行なう。

【0071】図14(a)、(b)に、スタッドレスタイヤを用いて車速30 km/h、車速50 km/hで各路面（乾燥路、雪上路、氷上路、及び砂利悪路）を定常走行した時の加速度の周波数スペクトルを示す。各車速共に300～500 Hz付近（ロードノイズ周波数域）のスペクトルが各路面で異なっている。したがって、乾燥路を走行しているときの特定周波数のスペクトル（基準パワースペクトル）と周波数分析回路からの特定周波数のスペクトル（パワースペクトル）とを比較することによって路面状態を推定することができる。なお、上記では加速度の周波数スペクトルについて説明したが音圧の周波数スペクトルについても同様であり、基準パワースペクトルと比較することによって路面状態を推定することができる。

【0072】上記のようにして推定された波形比較回路18Eでの推定結果（G波形比較による推定結果）、波形比較回路20Eでの推定結果（S波形比較による推定結果）、パワースペクトル比較回路18Fでの推定結果（Gスペクトル比較による推定結果）、及びパワースペクトル比較回路20Fでの推定結果（Sスペクトル比較による推定結果）は、図1及び図15に示すように、路面判定回路22に入力され、多数決によって路面判定が行なわれる。これによって、同じ推定結果となった2つ以上の推定結果が、現時点の走行路面として判定される。

【0073】以上説明したように、本実施の形態によれ

ば、Gセンサ及び音圧センサをタイヤ内部に配置しているため、外部音の影響が少なく、かつ1～5kHzの実用的なサンプリング周波数で路面判定を行なうことができる。

【0074】次に本発明の第2の実施の形態について説明する。上記で説明したように第1の実施の形態のタイヤ内部の加速度及び音圧の各信号を用いた路面判定は、タイヤと路面との接触状態を直接検出しているため、精度が高い判定結果を得ることができる。このため、第2の実施の形態では、第1の実施の形態の路面判定結果を用いて、プレビュー路面判定結果に基づいて車両を制御する車両制御装置におけるプレビュー路面判定のしきい値を修正するようにしている。

【0075】本実施の形態は、図16に示すように、第1の実施の形態で説明した路面判定装置50、プレビュー路面判定装置52、まだら路検出回路54、プレビュー結果多数決回路56、しきい値修正回路58、及び車両制御装置60を含んで構成されている。

【0076】プレビュー路面判定装置52には、路面に向けて赤外光を照射する照射器と照射した赤外光の路面からの反射光を受光して電気信号を出力する受光器とから構成され、水（液体）に対する赤外光の吸収波長と氷（固体）に対する赤外光の吸収波長とが異なることを利用して路面状態を判定する、赤外光を利用した路面状態判定装置52Aが設けられている。この路面状態判定装置52Aでは、赤外光を路面に照射し、水の吸収波長域の光を通過させる第1のフィルタと、氷の吸収波長域の光を通過させる第2のフィルタとを通過した反射光を受光器で受光し、第1のフィルタを通過した反射光の受光レベル $I_1$ と第2のフィルタを通過した反射光の受光レベル $I_2$ とを比較する。 $I_2 < I_1$ の場合は、氷によって赤外光が吸収され受光レベル $I_2$ が低下した場合であると判断して、凍結路と判定する。逆に、 $I_2 > I_1$ の場合は、水によって赤外光が吸収され受光レベル $I_2$ が低下した場合であると判断して、湿潤路と判定する。

【0077】この路面状態判定装置52Aのみを用いた場合には、凍結路と湿潤路のいずれか一方のみの判定結果が出力され、それ以外の路面走行時には誤判定となる。このため、凍結路の受光レベルのしきい値 $I_{ice}$ 及び湿潤路の受光レベルのしきい値 $I_{wet}$ を設け、以下のように判定する。

- ・  $I_2 < I_1$ 、かつ  $I_1 < I_{ice}$  のとき、凍結路と判定する。
- ・  $I_2 > I_1$ 、かつ  $I_2 < I_{wet}$  のとき、湿潤路と判定する。
- ・ 上記のいずれも満たさないときは、その他の路面とする。

【0078】また、しきい値修正回路58において路面判定装置50の判定結果に基づいて受光レベルのしきい値 $I_{ice}$ 、 $I_{wet}$ を以下の表に示すように増減させる。

【0079】

【表2】

赤外光に基づく路面判定結果

	凍結路	湿潤路	それ以外
凍結路		—	$I_{ice\ down}$
湿潤路	—		$I_{wet\ down}$
それ以外	$I_{ice\ up}$	$I_{wet\ up}$	

タイヤ内部信号に基づく判定結果

【0080】表2から理解されるように、タイヤ内部信号に基づく判定結果が凍結路でかつ赤外光に基づく判定結果がそれ以外のときは、凍結路である可能性が高いのでしきい値 $I_{ice}$ を低下させ、タイヤ内部信号に基づく判定結果が湿潤路でかつ赤外光に基づく判定結果がそれ以外のときは、湿潤路である可能性が高いのでしきい値 $I_{wet}$ を低下させる。また、タイヤ内部信号に基づく判定結果がその他の場合は、赤外光に基づく判定結果が凍結路または湿潤路であってもその他である可能性が高いので、しきい値 $I_{ice}$ 、 $I_{wet}$ の各々を増加させる。

【0081】また、プレビュー路面判定装置52には、路面に向けて光を照射する照射器と照射した光の路面からの反射光を複数のスリットを備えたスリットアレイを介して受光して電気信号を出力する受光器とから構成され、スリットアレイを介して受光した光のスペクトルが低周波領域において路面によって異なることを利用して路面状態を判定する、光を利用した路面状態判定装置52Bが設けられている。この路面状態判定装置52Bでは、光を路面に照射し、スリットアレイを介して受光した光の正反射光及び拡散反射光の反射レベルを各路面のしきい値と比較する。

【0082】路面状態判定装置52Bにおいて、所定の低周波数帯域における周波数成分の強度 $D_b$ を車輛の移動速度に相当する空間中心周波数 $f_0$ の強度 $D_a$ により正規化した値（周波数成分強度比 $D_b/D_a$ ）、正反射光及び拡散反射光の各々について各々の空間中心周波数を中心とする周波数帯域に含まれる成分の強度 $D_a$ 、 $D_f$ の比率（反射光比 $D_f/D_a$ ）、拡散反射光の反射光率 $R_v$ （路面LDへの投光量に対する反射光量の比率）の各々と、しきい値 $TH1$ 、 $TH2$ 、 $TH3$ 、 $THc$ 、 $THd1$ 、 $THd2$ 、 $THE$ とを比較して以下のように路面状態を判定する。

- ・  $D_b/D_a \leq TH1$ 、 $D_b/D_a \leq TH2$ 、かつ  $D_f/D_a > THd1$  のとき、湿潤路と判定する。
- ・  $D_b/D_a \leq TH1$ 、 $D_b/D_a \leq TH2$ 、かつ  $D_f/D_a \leq THd1$  のとき、または  $D_b/D_a \leq TH3$ 、かつ  $D_f/D_a \leq THd2$  のとき、乾燥路面と判定する。
- ・  $D_b/D_a \leq TH1$ 、かつ  $D_b/D_a > TH2$  のとき、または  $D_b/D_a > TH3$ 、かつ  $R_v \leq THc$  のとき、

き、砂利路面と判定する。

・  $D b / D a > T H 1$  のとき、または  $D b / D a > T H 3$ 、かつ  $R v > T H c$  のとき、積雪路面と判定する。

・  $D b / D a \leq T H 3$ 、かつ  $D f / D a > T H d 2$  のとき、凍結路と判定する。

【0083】この路面状態判定装置52Bのみを用いた場合には、雪上路及び凍結路は、路面の汚れ具合によって反射強度が変化するため、固定したしきい値を用いると正確な路面判定ができなくなる。そこで、しきい値修\*

\* 正回路58において以下の表3に示すように関連するしきい値を増減させる。

【0084】すなわち、タイヤ内部信号に基づく判定結果を基準とし、路面状態判定装置52Bの判定結果がタイヤ内部信号に基づく判定結果と異なるときは、路面状態判定装置52Bによってタイヤ内部信号に基づく判定結果が得られる方向にしきい値を増減する。

【0085】

【表3】

光に基づく路面判定結果

	乾燥路	砂利路	湿潤路	積雪路	凍結路
乾燥路		—	THd1 down	THc up	TH3 down
砂利路*	—		TH2 down	THc up	TH3 down
湿潤路	THd1 up	TH2 up		TH1 up	TH3 down
積雪路	—	—	TH1 down		TH3 down
凍結路	—	—	—	TH3 up	

※：本出願は、砂利判定の記載はないが、湿路判定で砂利路検出できるものとする。

【0086】例えば、タイヤ内部信号に基づく判定結果が乾燥路の場合であって、路面状態判定装置52Bの判定結果が湿潤路の場合にはしきい値THd1を減少させ、路面状態判定装置52Bの判定結果が積雪路の場合にはしきい値THcを増加させ、路面状態判定装置52Bの判定結果が凍結路の場合にはしきい値TH3を減少させる。

【0087】また、プレビュー路面判定装置52には、路面に向けて超音波を照射する照射器と照射した超音波の路面からの反射波を受信して電気信号を出力する受信器とから構成され、受信した反射波のレベルが乾燥路

(あるいは湿潤路)と積雪路(あるいは凍結路)とで異なることを利用して路面状態を判定する、超音波を利用した路面状態判定装置52Cが設けられている。この路面状態判定装置52Cでは、超音波を路面に照射し、反射波の受信レベルが設定許容範囲内であれば乾燥路(あるいは湿潤路)と判定し、反射波の受信レベルが設定許容範囲外であれば積雪路(あるいは凍結路)と判定する。

【0088】路面状態判定装置52Cでは、設定許容範囲が適切でない超音波に基づく路面判定結果に誤判定が生じるので、表4に示すように、タイヤ内部信号に基づく判定結果を基準とし、路面状態判定装置52Cの判定結果がタイヤ内部信号に基づく判定結果と異なるときは、路面状態判定装置52Cによってタイヤ内部信号に基づく判定結果が得られる方向に設定許容範囲を増減する。

【0089】例えば、タイヤ内部信号に基づく判定結果が乾燥路(あるいは湿潤路)であるのに対して、路面状態判定装置52Cによる路面判定結果が、積雪路(ある※50

※ いは凍結路)の場合には、設定許容範囲を小さくする。

【0090】

【表4】

超音波に基づく路面判定結果

	乾燥路 (湿潤路)	積雪路 (凍結路)
乾燥路 (湿潤路)		範囲を 小さくする
積雪路 (凍結路)	範囲を 大きくする	

【0091】そして、プレビュー路面判定装置52には、カメラで路面を撮影し、カメラからの画像情報を白黒画像情報へ変換し、白黒画像情報の色の明るさ分布の状態を判断し、明るさがしきい値以上の場合には積雪があるものと判断する路面状態判定装置52Dが設けられている。この路面状態判定装置52Dでは、雪上路の汚れ具合によって路面の色が変化するため、固定したしきい値を用いると路面状態の誤判定を生じる可能性がある。

【0092】このため、表5に示すように、タイヤ内部信号に基づく判定結果を基準とし、路面状態判定装置52Dの判定結果がタイヤ内部信号に基づく判定結果と異なるときは、路面状態判定装置52Dによってタイヤ内部信号に基づく判定結果が得られる方向にしきい値を増減する。

【0093】例えば、タイヤ内部信号に基づく判定結果が乾燥路であるのに対して、路面状態判定装置52Dによる路面判定結果が積雪路の場合には、しきい値を減少

させる。

【0094】

【表5】

画像に基づく路面判定結果		
	乾燥路	積雪路
乾燥路		明るさの しきい値 down
積雪路	明るさの しきい値 up	

タイヤ内部信号に基づく  
判定結果 (基準値)

【0095】本実施の形態では、路面判定装置50はしきい値修正回路58におけるしきい値等の修正に使用し、通常の状態では判定結果は車両制御装置60には出力されない。

【0096】しかしながら、路面状態判定装置52Dのカメラに接続されたまだら検出回路54によって、カメラで撮影された画像により雪、氷、乾燥部分等が混在する路面（まだら路）が検出された場合には、まだら検出回路54からの出力により切り換え装置62を切り換え、路面判定装置52の判定結果に基づいて車両制御を行なうようにする。

【0097】なお、上記の第2の実施の形態では、プレビュー路面判定装置のしきい値を修正する例について説明したが、プレビュー路面判定装置に設けられている路面状態判定装置の判定結果を修正するようにしてもよい。また、第2の実施の形態では、4つ路面状態判定装置を用いた例について説明したが、個数に限定されるものではなく少なくとも1つ設ければよい。

【0098】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、加速度センサ及び音圧センサをタイヤ内部に配置し、基準波形と検出された加速度波形とによる判定結果、基準波形と検出された音圧度波形とによる判定結果、基準パワースペクトルと検出された加速度のパワースペクトルとによる判定結果、基準パワースペクトルと検出された音圧のパワースペクトルとの判定結果の多数決によって路面を判定しているため、外部音に影響されることなく実用的なサンプリング周波数で路面を精度良く判定することができる、という効果が得られる。

【0099】また、外部音に影響されることなく実用的なサンプリング周波数で路面を精度良く判定することができる路面判定装置の判定結果に基づいてプレビュー路面判定装置のしきい値または判定結果を修正するようにしているので、精度の良いプレビュー判定結果を得ることができる、という効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態のブロック図であ \*

\* する。

【図2】図1の波形比較回路の処理ルーチンを示す流れ図である。

【図3】図2の路面判定処理の詳細を示す流れ図である。

【図4】(a)は乾燥路におけるタイヤ内部の加速度波形を示す線図、(b)は雪上路におけるタイヤ内部の加速度波形を示す線図、(c)は氷上路におけるタイヤ内部の加速度波形を示す線図、(d)は悪路におけるタイヤ内部の加速度波形を示す線図である。

【図5】タイヤが接地した場合と接地しない場合とのタイヤ内部の加速度波形を比較して示す線図である。

【図6】(a)は各路面における分散値を示す線図であり、(b)は(a)の拡大図である。

【図7】(a)は車速が50km/hの場合の各路面における分散値の変化を示す線図であり、(b)は車速が70km/hの場合の各路面における分散値の変化を示す線図である。

【図8】車速に応じた加速度波形の変化を示す線図である。

【図9】タイヤ接地時のタイヤの変形を説明する概略図である。

【図10】ベクトルRが長さ方向に変化しながら回転する場合のP点の加速度のベクトル図を示す線図である。

【図11】タイヤ接地時のタイヤ変形により生じるコリオリの力を説明する線図である。

【図12】(a)は乾燥路の制動時におけるタイヤ内部の加速度波形を示す線図、(b)は雪上路の制動時におけるタイヤ内部の加速度波形を示す線図、(c)は氷上路の制動時におけるタイヤ内部の加速度波形を示す線図である。

【図13】図1のパワースペクトル比較回路の処理ルーチンを示す流れ図である。

【図14】(a)は車速が30km/hの場合の各路面におけるタイヤ内部加速度の周波数スペクトルを示す線図、(b)は車速が50km/hの場合の各路面におけるタイヤ内部加速度の周波数スペクトルを示す線図である。

【図15】図1の路面判定装置の処理の流れを示す流れ図である。

【図16】本発明の第2の実施の形態のブロック図である。

【符号の説明】

10 Gセンサ

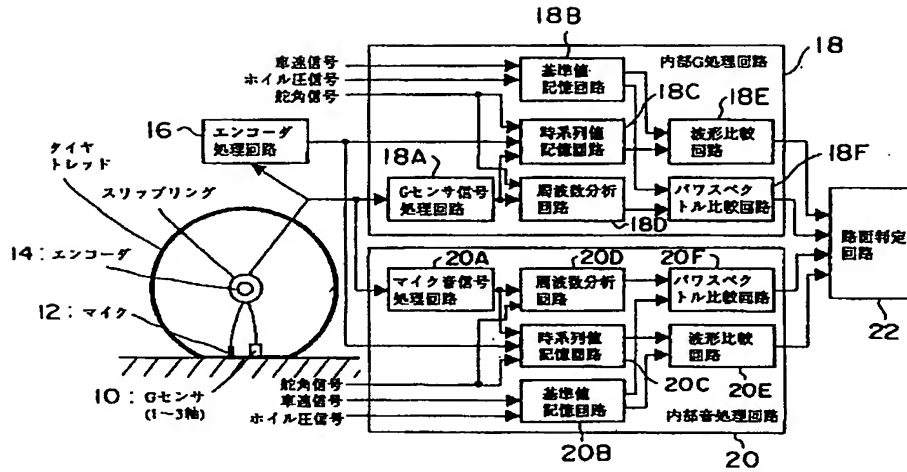
12 マイク

14 エンコーダ

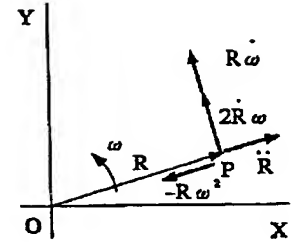
15 スリップリング

17 タイヤトレッド

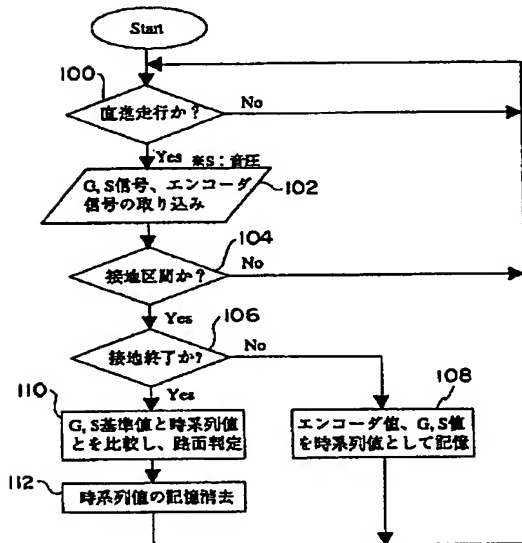
【図1】



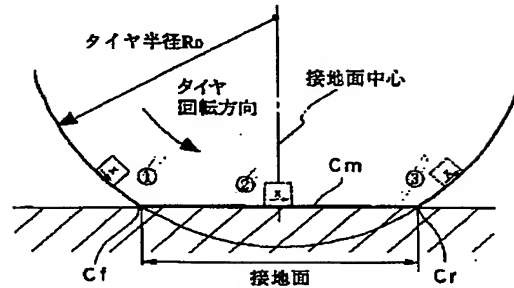
【図10】



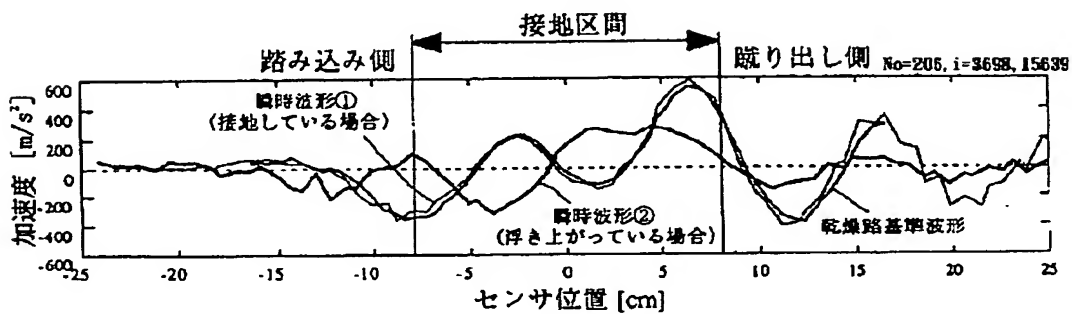
【図2】



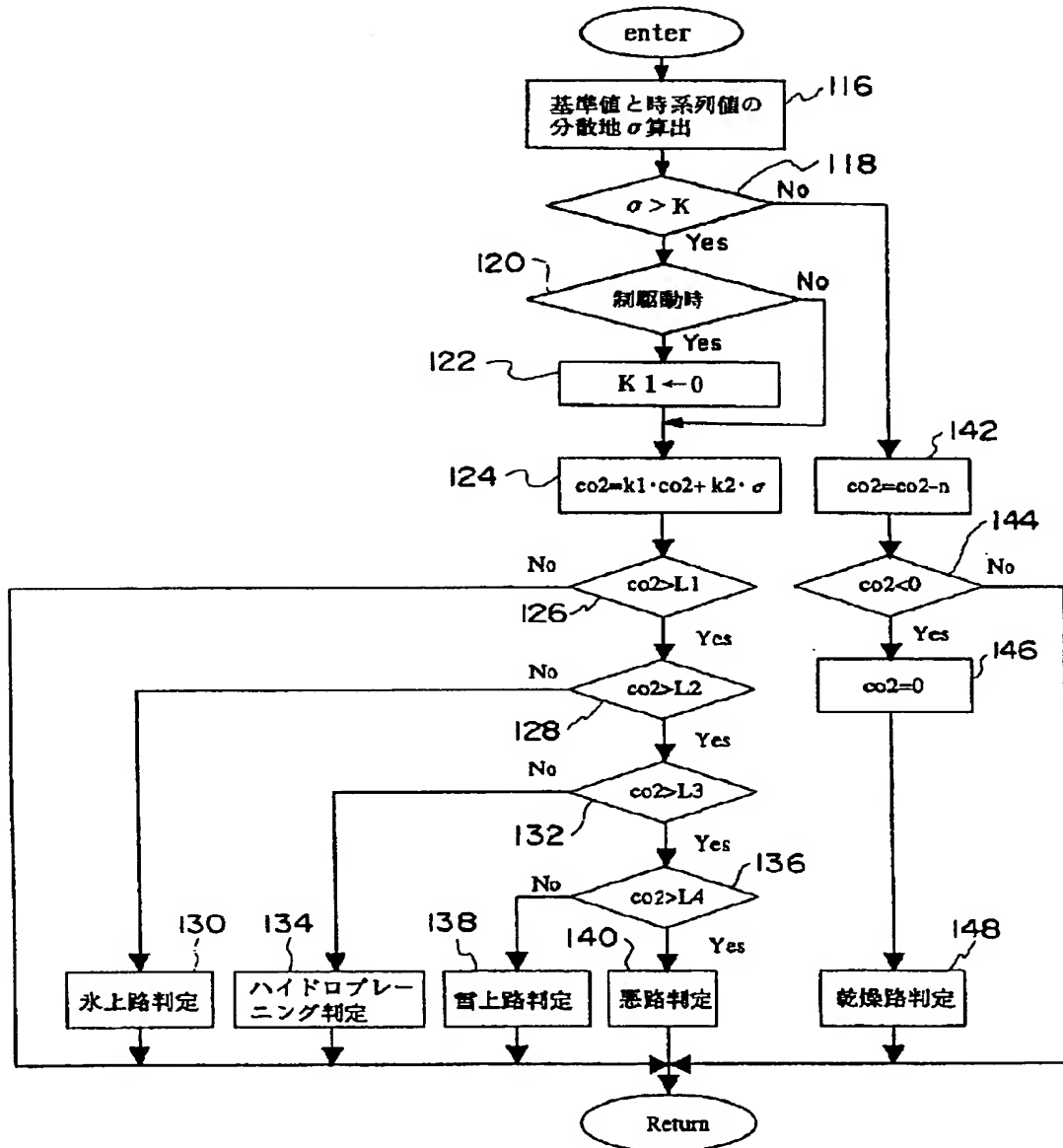
【図9】



【図5】

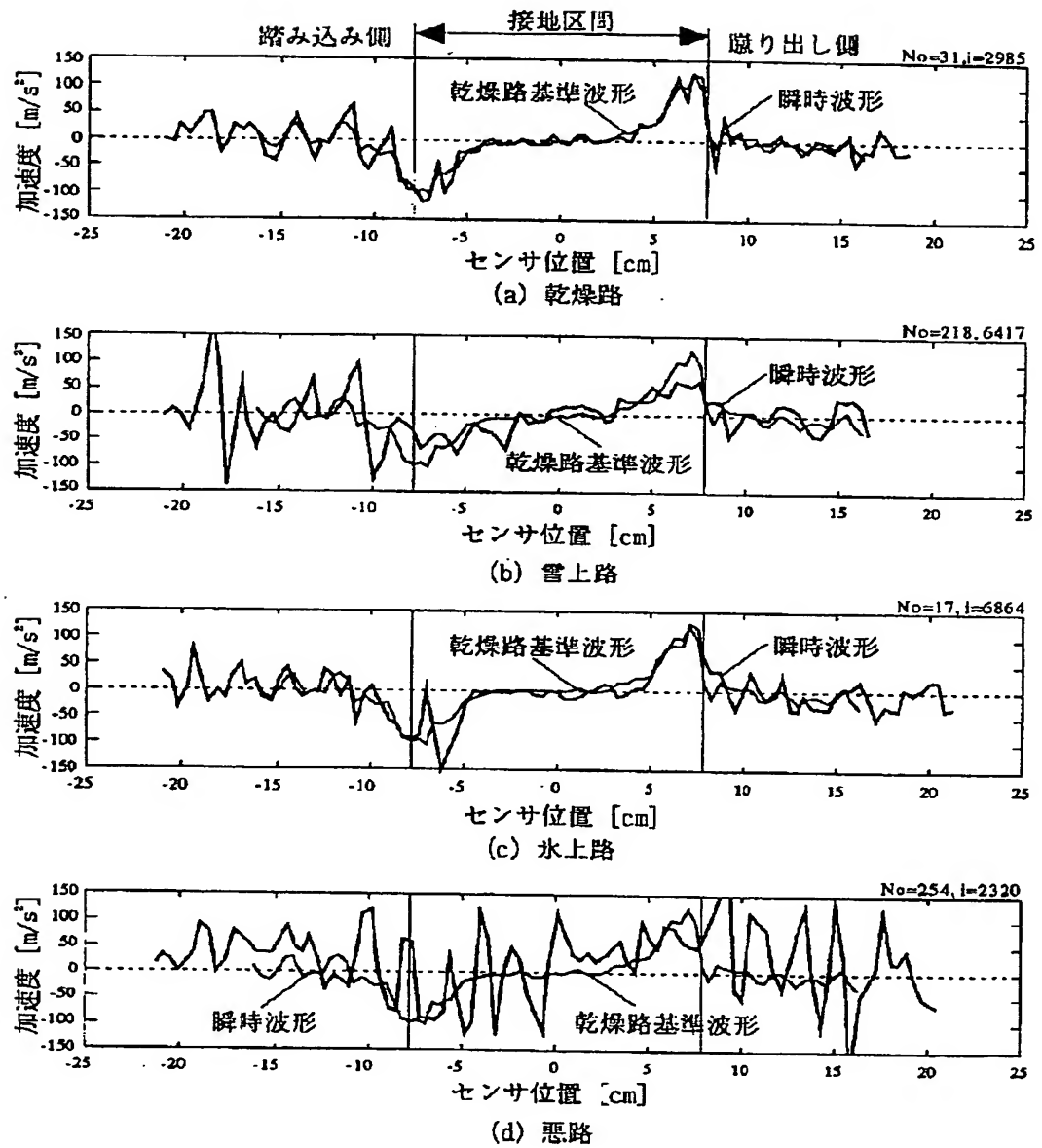


【図3】

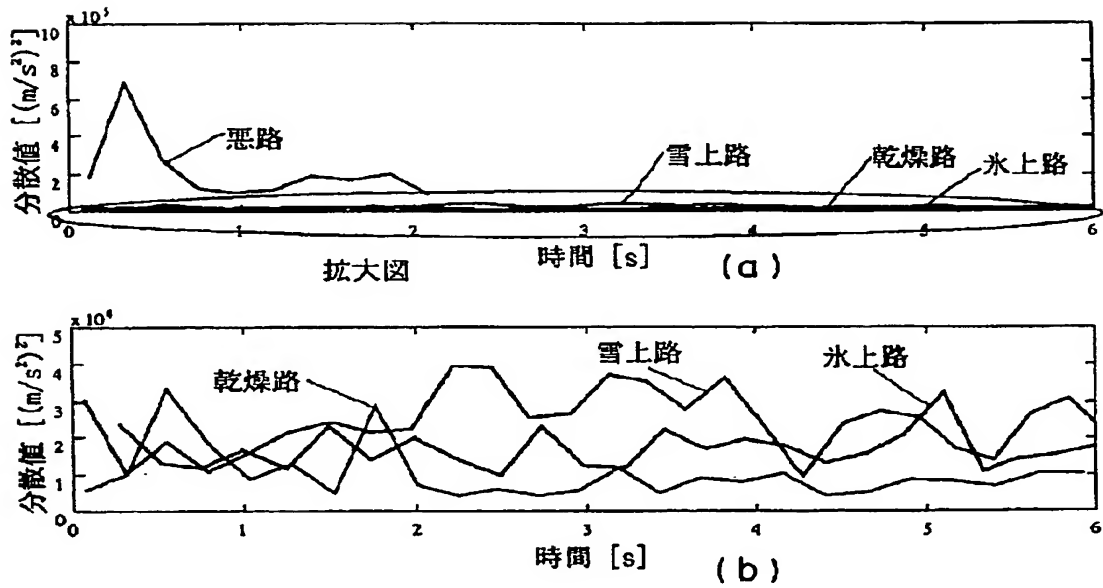




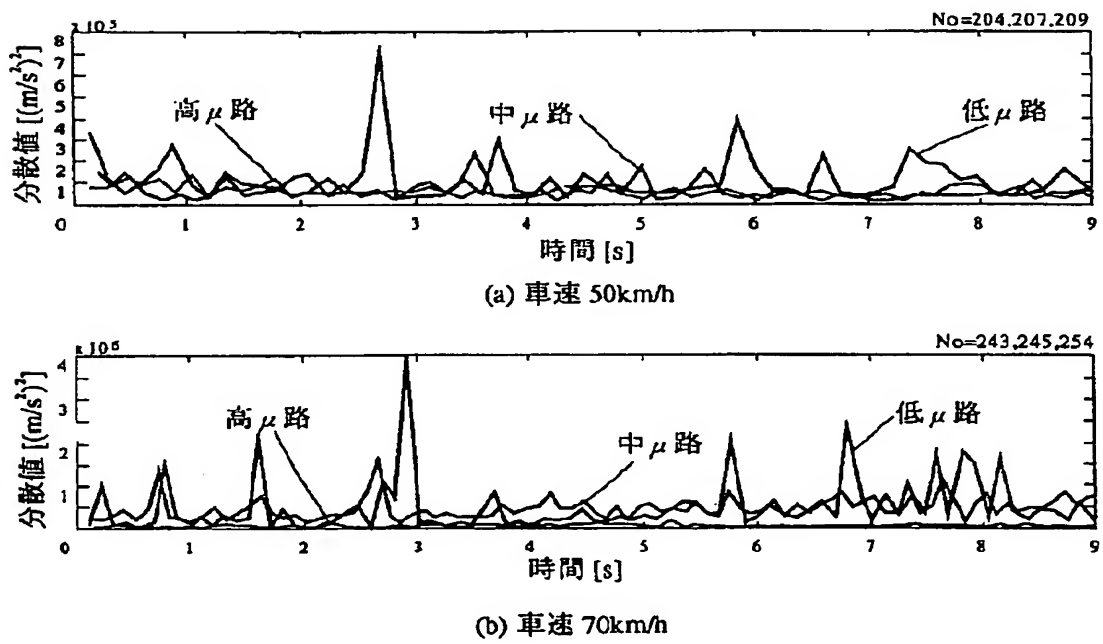
【図4】



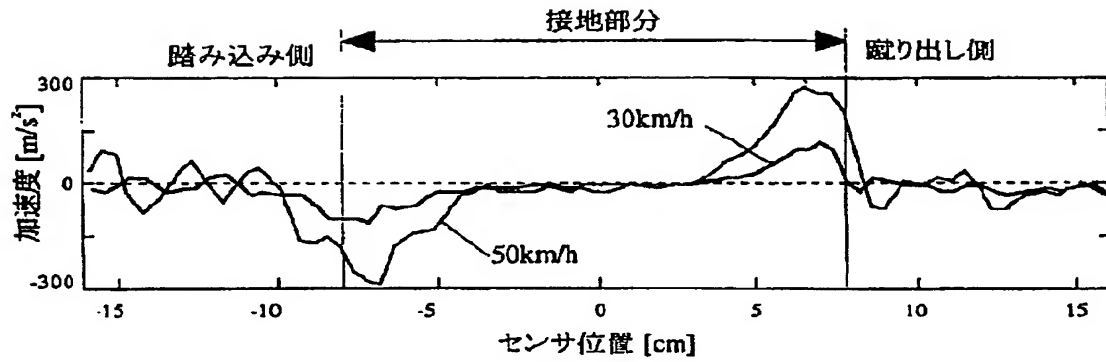
【図6】



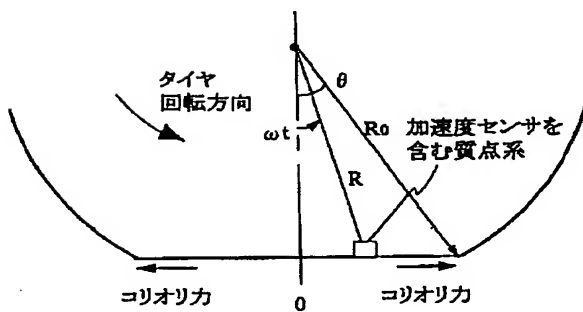
【図7】



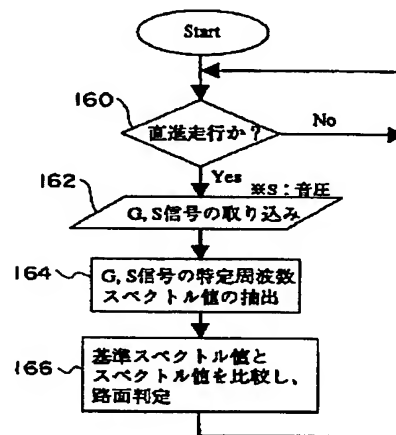
【図 8】



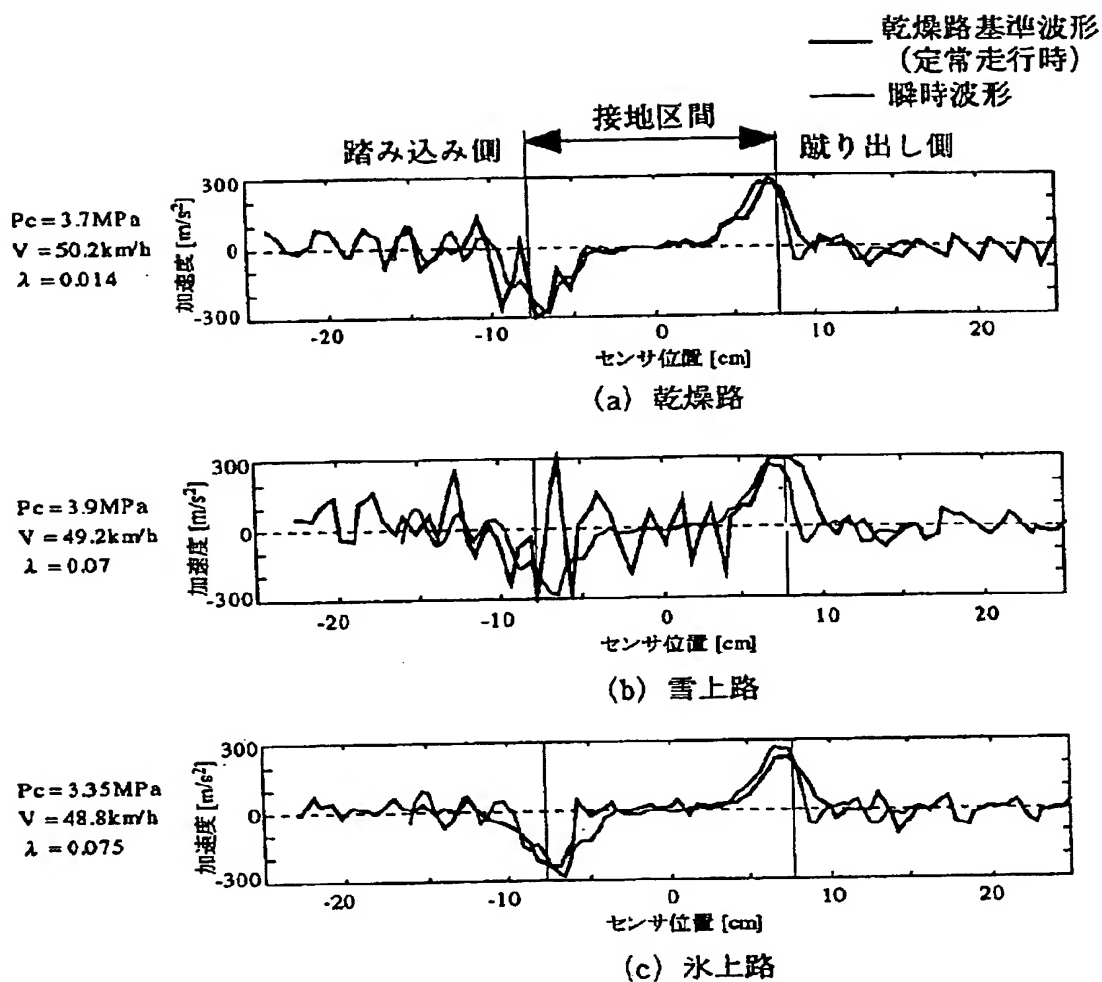
【図 11】



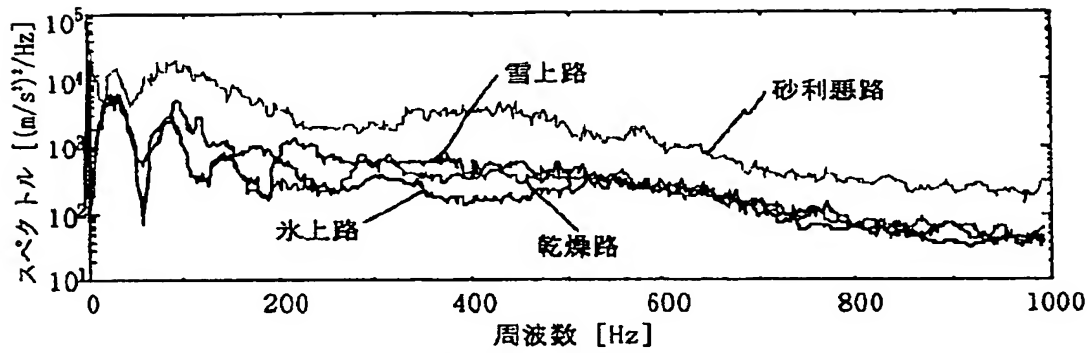
【図 13】



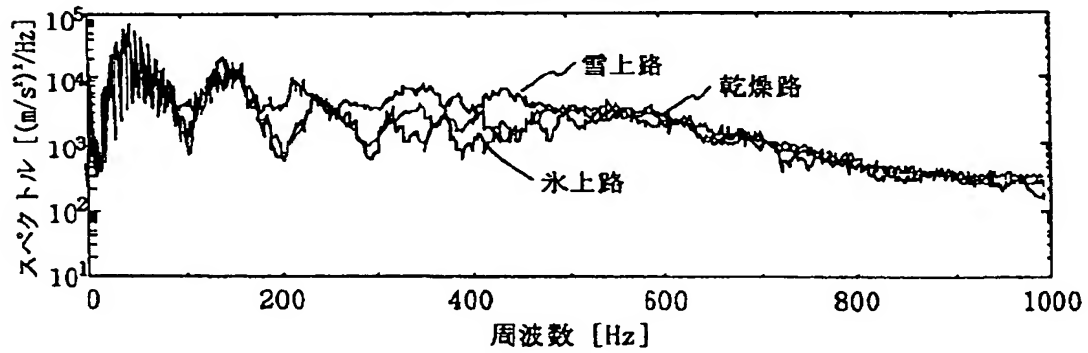
【図12】



【図14】

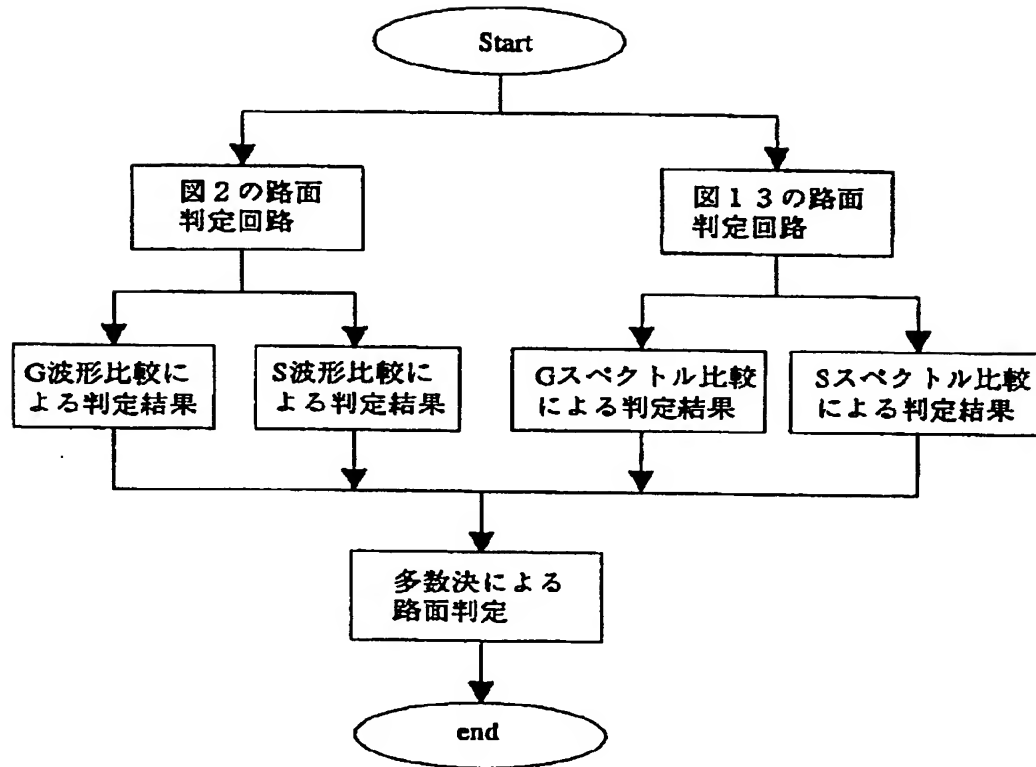


(a) 車速30km/h



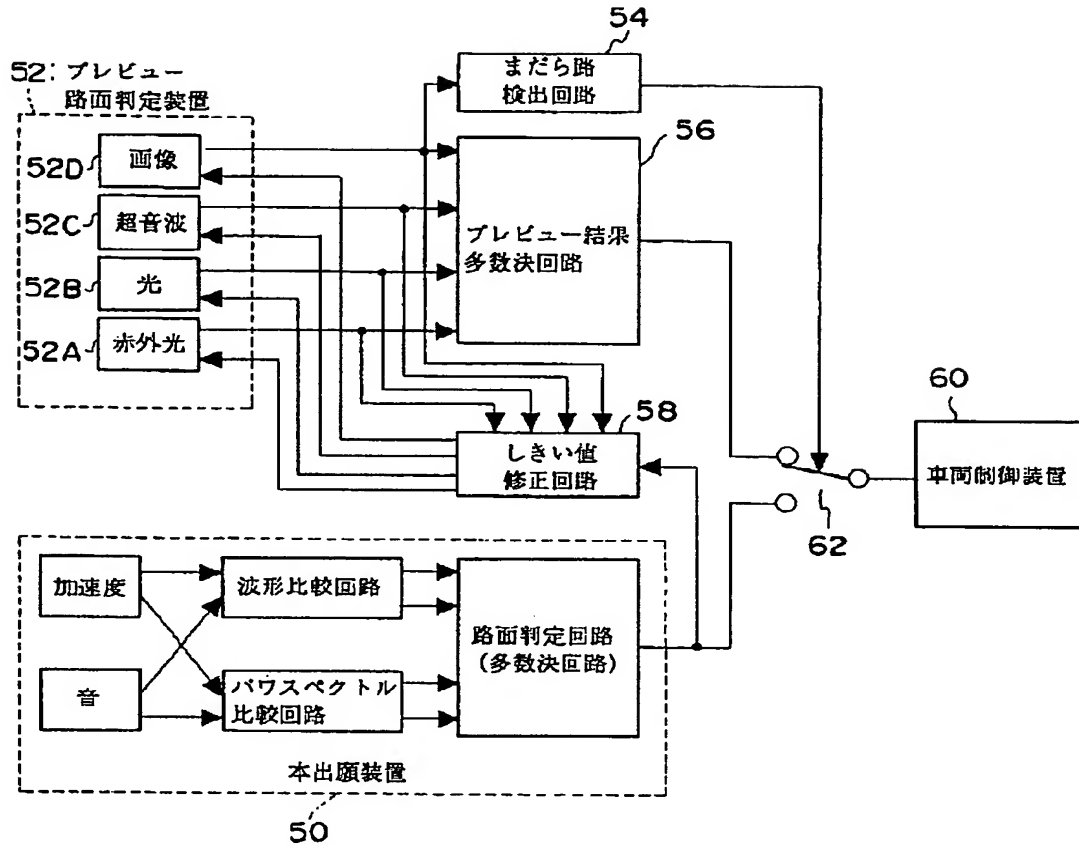
(b) 車速50km/h

【図15】





【図 16】



フロントページの続き

(72) 発明者 渡辺 良利  
 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番  
 地の1 株式会社豊田中央研究所内

Fターム(参考) 2G047 AA10 BA04 BC04 EA10 GA19  
 GD02 GG06 GG10 GG19 GG33  
 GG36